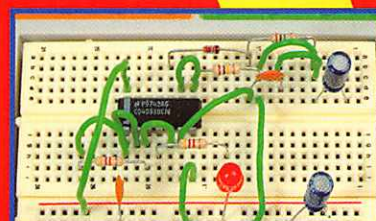
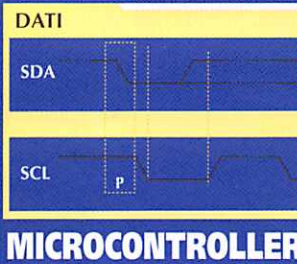
...e costruisci il tuo **LABORATORIO DIGITALE**

6,90 €

43

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41043

Peruzzo & C.

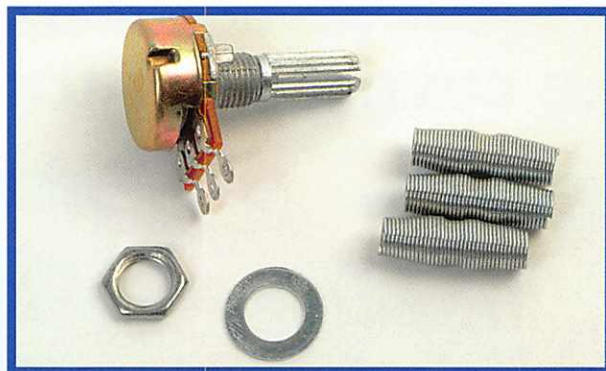
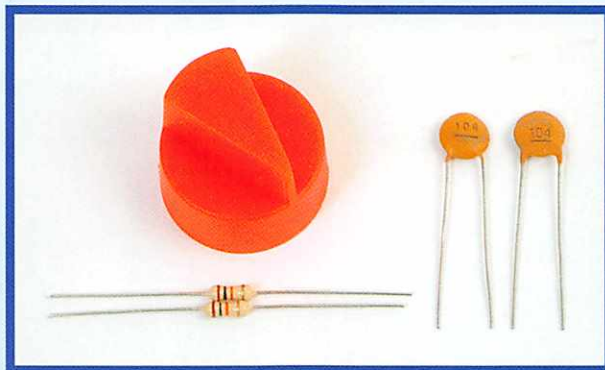
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Grafiche Porpora s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

1 Potenziometro con alberino 100 K LIN. con vite e rondella
3 Molle

IN REGALO nel prossimo fascicolo

1 Manopola di comando per il potenziometro
2 Condensatori da 100 nF
2 Resistenze da 10 K 5% 1/4 W

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

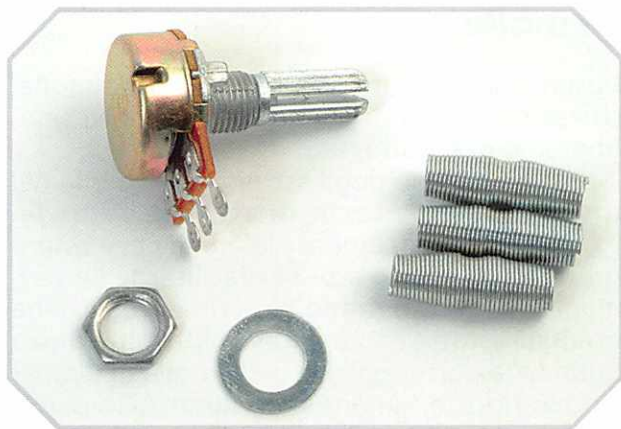
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail: elettronicadigitale@microrobots.it

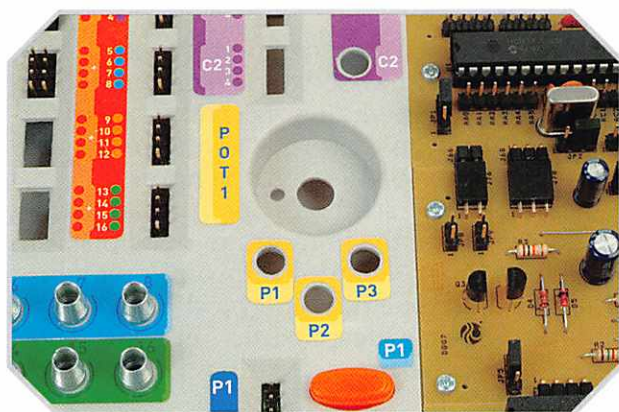
Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

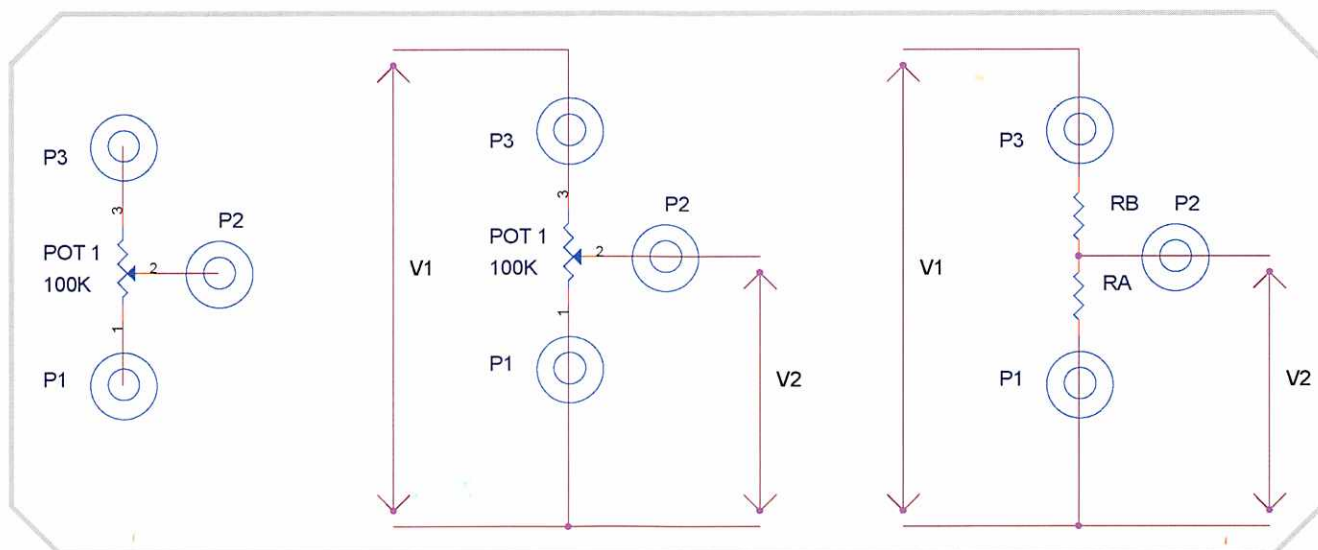
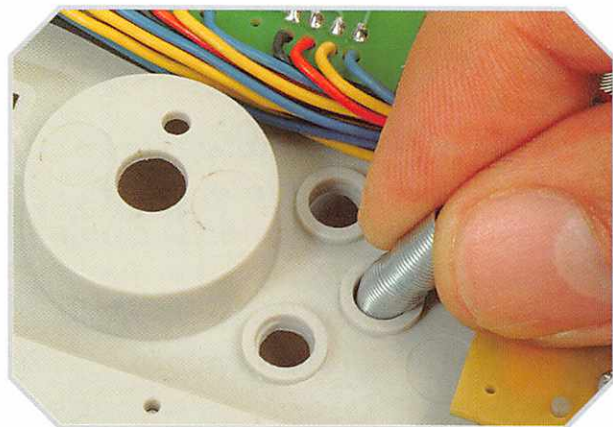
Microcontroller Esercizi con i microcontroller

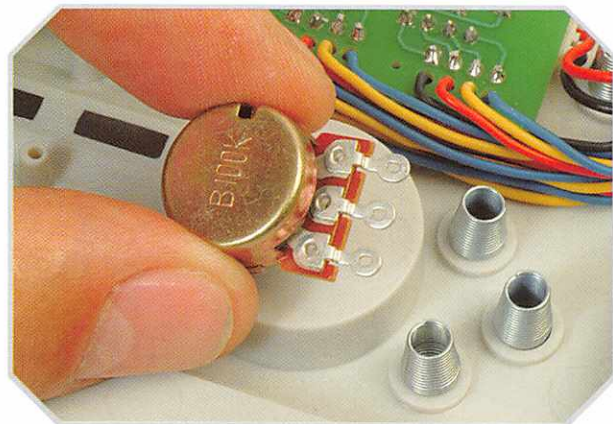
Potenziometro

Componenti forniti con questo fascicolo.

Con questo fascicolo è stato fornito un potenziometro con l'alberino ruotante, per il suo montaggio sul pannello principale del laboratorio, sono comprese una rondella e una vite per il fissaggio. Vengono anche fornite le tre molle necessarie per il collegamento.

Zona riservata al potenziometro.

L'aggiunta di un potenziometro al laboratorio facilita l'esecuzione delle prove, in quanto si potrà disporre di un divisore di tensione, o di una resistenza variabile fino a 100 K, senza dover eseguire sostituzioni di componenti sul montaggio realizzato.

Montaggio

Il montaggio del potenziometro si esegue nella zona che gli è stata riservata sul pannello frontale del laboratorio e identificata come POT1, dove si trovano anche i tre collegamenti siglati rispettivamente come P1, P2 e P3. Questi collegamenti sono in realtà tre molle di connessione.

Rappresentazione del potenziometro.

Le molle si ruotano per facilitare la loro inserzione.

Molle di collegamento inserite.

Inserimento del potenziometro.

Le molle

I primi componenti da inserire sono le molle, che si inseriscono una alla volta come vi spiegheremo di seguito.

Si inserisce uno degli estremi della molla nel foro e si tira la parte che fuoriesce dall'altro lato, contemporaneamente la molla deve essere ruotata sul proprio asse per facilitarne l'inserimento; in questo modo l'inserimento avviene gradualmente e con una certa difficoltà, fino a quando la parte centrale della molla di diametro più ridotto, rimane incastrata fra le pareti del foro. Le altre molle si montano nello stesso modo.

Fissaggio del potenziometro

Ora monteremo il potenziometro nella sua posizione definitiva. Osservando il pannello frontale potremo vedere una zona ribassata di forma cilindrica, con un foro al centro, e un altro foro su un lato con diametro minore.

Il foro centrale si utilizza per il passaggio dell'alberino del potenziometro e della parte filettata in fondo, mentre il foro più piccolo si utilizza come sede di un perno che si trova sul potenziometro. Questo perno impedisce la rotazione del potenziometro quando il comando dell'alberino giunge a fine corsa.

Per montare il potenziometro, inseriremo il suo alberino dalla parte interna del pannello nel foro più grande, senza utilizzare per il momento né la vite né la rondella; dopo aver verificato che il potenziometro è situato nella posizione corretta e anche il perno è entrato nel rispettivo foro, verificheremo dalla parte posteriore che i terminali del potenziometro siano orientati correttamente, monteremo quindi la rondella e poi la vite. Questa vite si dovrà stringere a mano sino a quando il potenziometro non rimarrà fissato nella sua posizione corretta. A questo punto la potremo chiudere utilizzando una chiave a tubo oppure fissa della giusta dimensione. Dobbiamo stringere la vite con attenzione, per non rompere né il potenziometro né il pannello frontale.

Collegamenti al potenziometro

I collegamenti dai terminali del potenziometro sino alle molle, si eseguono con qualsiasi

Prima della vite bisogna inserire la rondella.

Fissiamo la vite.

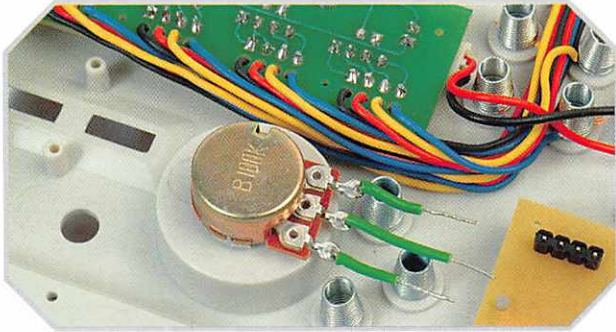
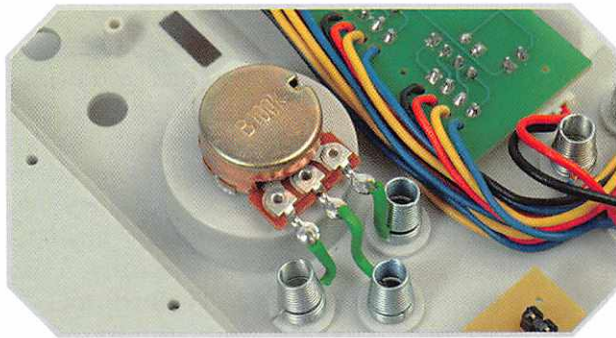
filo di diametro compreso fra 0,5 e 0,7 mm. Taglieremo tre pezzi, tenendo presente che bisognerà spelarli per circa 4 millimetri dal lato del potenziometro e circa 6 o 7 da quello delle molle. Potete tranquillamente utilizzare uno dei pezzi più lunghi del filo verde che vi è stato fornito. Più avanti verrà fornito altro filo di questo tipo. I collegamenti al potenziometro si eseguono saldando su ogni terminale un pezzo di filo, in modo che l'altro estremo si possa collegare tramite pressione alle molle che si trovano di fronte.

Collegamenti al laboratorio

I collegamenti al resto degli elementi del laboratorio si eseguono tramite le molle, ma prima dovremo aver eseguito all'interno di queste, i collegamenti verso il potenziometro. Collegheremo ogni spezzone di filo alla molla corrispondente, come possiamo vedere nelle fotografie. Inclineremo le molle per facilitare l'ingresso del filo, in modo che rilasciandole, il filo rimanga imprigionato fra le spire. Bisogna evitare di utilizzare fili troppo lunghi per i collegamenti con le molle vicine.

Il circuito

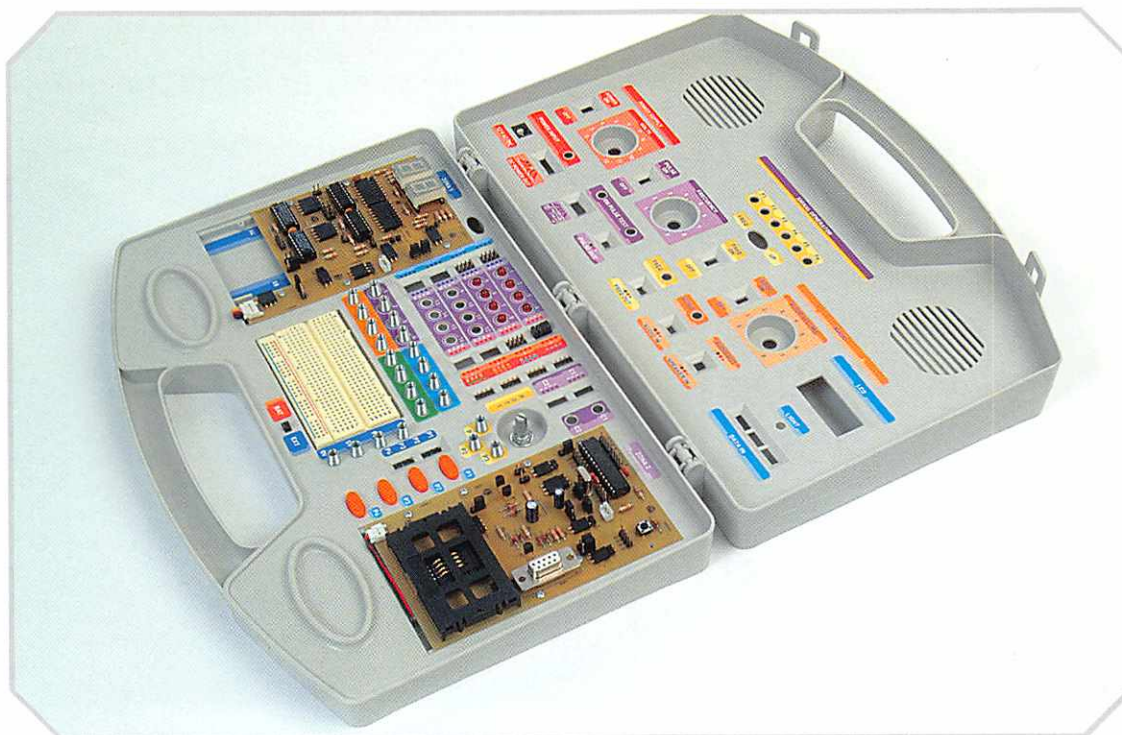
Il potenziometro si rappresenta sui circuiti con il suo abituale simbolo, identificato dallo stesso riferimento utilizzato sul pannel-

È necessario saldare un filo su ogni terminale.

Potenziometro con i tre fili saldati.

Collegamenti alle molle.

lo principale del laboratorio, POT1, e indicando anche il valore di resistenza ai suoi capi, 100 K.

Le molle di collegamento si rappresentano con due cerchi concentrici, identificando ognuna di esse con P1, P2 e P3, come sul pannello frontale.

In alcuni casi e per una miglior comprensione degli esperimenti, si divide il potenziometro in due resistenze, che chiameremo RA e RB, tenendo presente che è solo un modo per facilitare i calcoli. Logicamente la somma di entrambe deve dare come risultato il valore nominale del potenziometro, in questo caso 100 K.

Nello schema allegato possiamo vedere due valori di tensione, V1 e V2, la cui notazione si utilizzerà quando il potenziometro è impiegato come partitore di tensione. V1 sarà la tensione applicata all'ingresso del partitore e V2 quella di uscita, che potremo variare agendo sul cursore del potenziometro, tenendo presente che a ogni posizione del cursore, si otterrà un valore diverso per RA e RB, benché la somma di entrambe le resistenze sarà sempre 100 K. Prossimamente vedremo il funzionamento del partitore.

Vista generale del laboratorio.

VCO con transistor

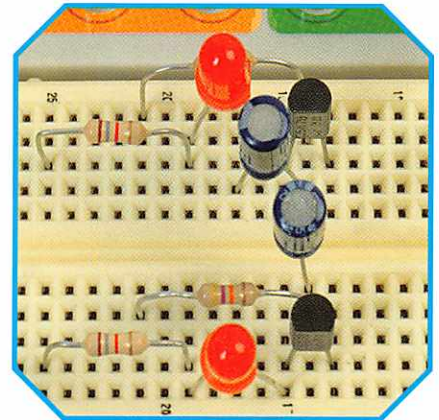
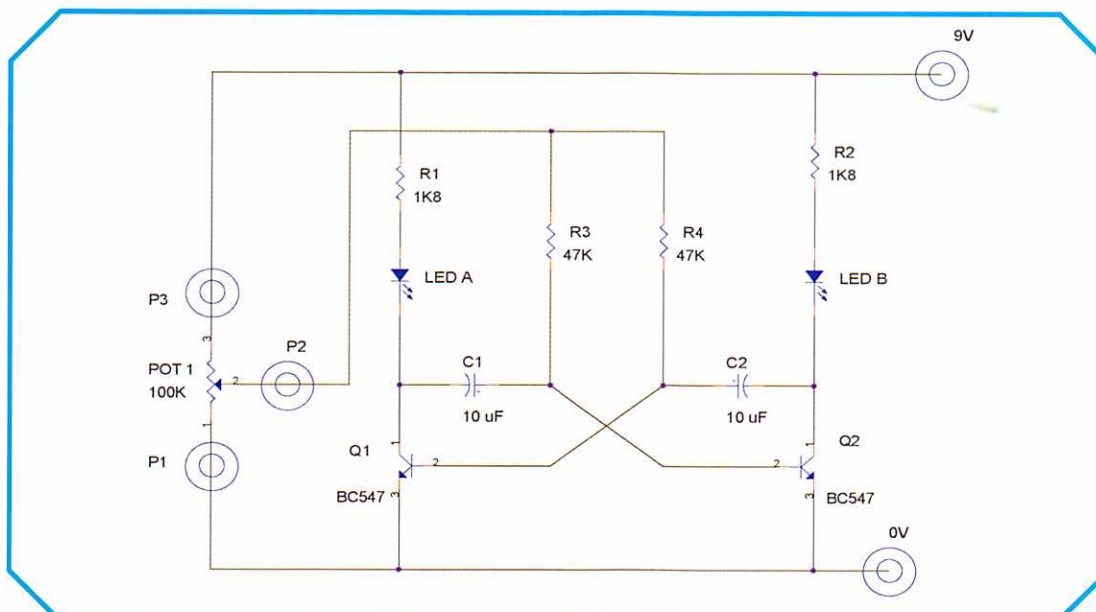
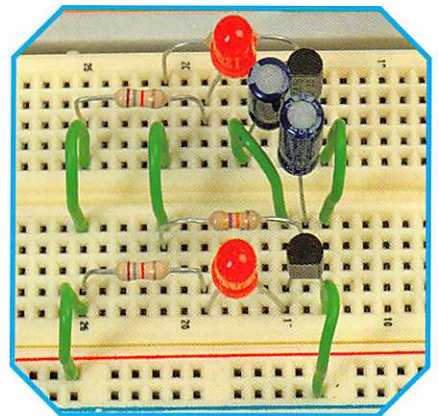
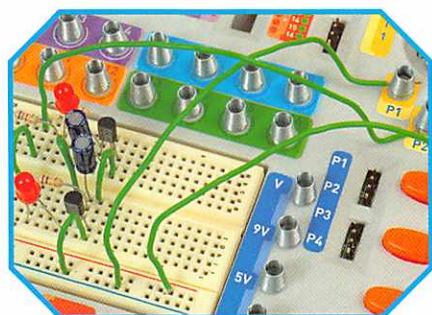
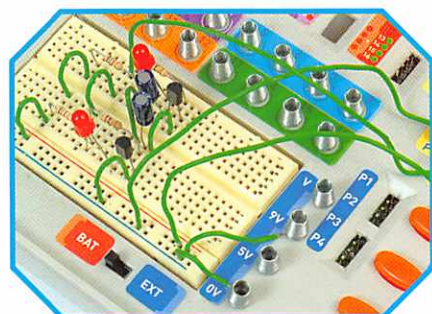
La frequenza di oscillazione del circuito dipende dalla tensione applicata a un punto dello stesso.

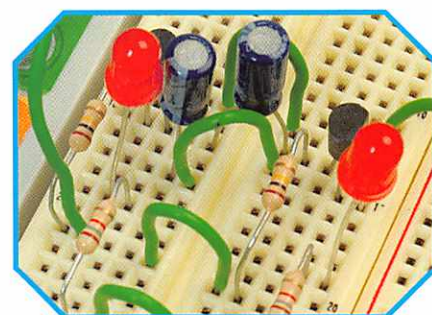
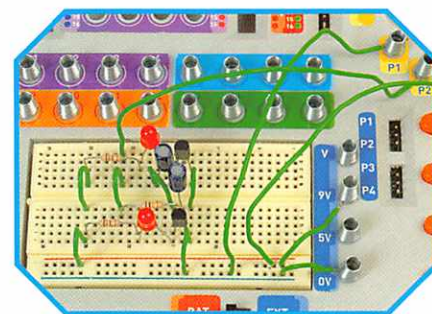
Il circuito

Il circuito corrisponde a un classico progetto di oscillatore astabile con transistor, tuttavia la tensione che si applica alle resistenze di base R3 e R4 non è quella dell'alimentazione del circuito classico, ma corrisponde a quella ottenuta tramite il cursore del potenziometro POT1 quando gli estremi di questo si collegano fra i due estremi dell'alimentazione.

Funzionamento

Rivediamo il funzionamento dell'oscillatore astabile. Questo circuito ha due uscite che partono dal collettore di ognuno dei transistor, e che utilizzeremo per controllare l'illuminazione di un LED. Quando il transistor si satura l'uscita corrisponde a un livello basso, dato che la tensione di collettore del transistor corrisponde a un livello molto basso di tensione, questo permette che il LED collegato al collettore si illumini. In questo modo è possibile vedere facilmente lo stato di ogni uscita, senza la necessità di dover utilizzare qualche strumento di misura. Ricordiamo che le uscite sono opposte, se una di esse è a livello alto l'altra sarà a livello basso. Con il potenziometro POT potremo selezionare qualsiasi tensione compresa fra quella di ali-

Componenti sulla scheda Bread Board.

Cablaggio della scheda Bread Board.

Schema dell'oscillatore controllato da tensione VCO.

Collegamento del potenziometro.

L'alimentazione può essere da 5 o da 9 V.

La posizione del potenziometro determina la frequenza di oscillazione.

Sostituzione di R3 e R4 con 100 K per eseguire una prova.

Esperimento completato.

mentazione e 0 Volt. A tensione maggiore corrisponde una maggior corrente che circola tramite le resistenze di base, e quindi più rapidamente si caricheranno i condensatori, di conseguenza la frequenza sarà più elevata.

Montaggio

Il montaggio si può eseguire molto velocemente, dato che sono necessari solamente pochi componenti, tuttavia bisogna fare molta attenzione a non commettere errori, in particolare modo per i collegamenti dei LED e dei transistor. Dopo aver realizzato il montaggio lo dovremo rivedere, prima di collegare l'alimentazione allo stesso, per questo vi consigliamo di lasciare scollegato il positivo dell'alimentazione. Questo circuito si deve collegare a 9 V per osservare bene il funzionamento, anche se funziona con 5 V, ma il suo comportamento risulta leggermente differente.

Consigliamo quindi di eseguire una prova con una tensione e ripeterla con l'altra, per valutare le differenze. Il cablaggio al potenziometro si esegue collegandosi alle molle P1, P2 e P3 situate vicino al potenziometro stesso.

Prova

Prima di collegare l'alimentazione, è necessario posizionare il comando del potenziometro all'incirca a metà della sua corsa, anche se non è strettamente necessario che sia sulla metà esatta. Questa operazione è un po' scomoda, dato che non disponiamo ancora della manopola di comando, ma a questo porremo rimedio a breve, perché verrà fornita con il prossimo fascicolo. Osserviamo che i LED si illuminano in modo intermittente a una determinata frequenza. Ruotando il potenziometro da un lato, senza scollegare l'alimentazione, la frequenza cambia, aumentando o diminuendo, nell'altro senso succede il fatto contrario, diminuisce oppure aumenta. La frequenza di oscillazione quindi dipende da una tensione, che in questo caso si ottiene sul terminale corrispondente al cursore del potenziometro.

LISTA DEI COMPONENTI

Q1, Q2	Transistor BC547 o BC548
R1, R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
R3, R4	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
C1,C2	Condensatore 10 µF elettrolitico
LEDA, LEDB	Diodo LED rosso 5 mm

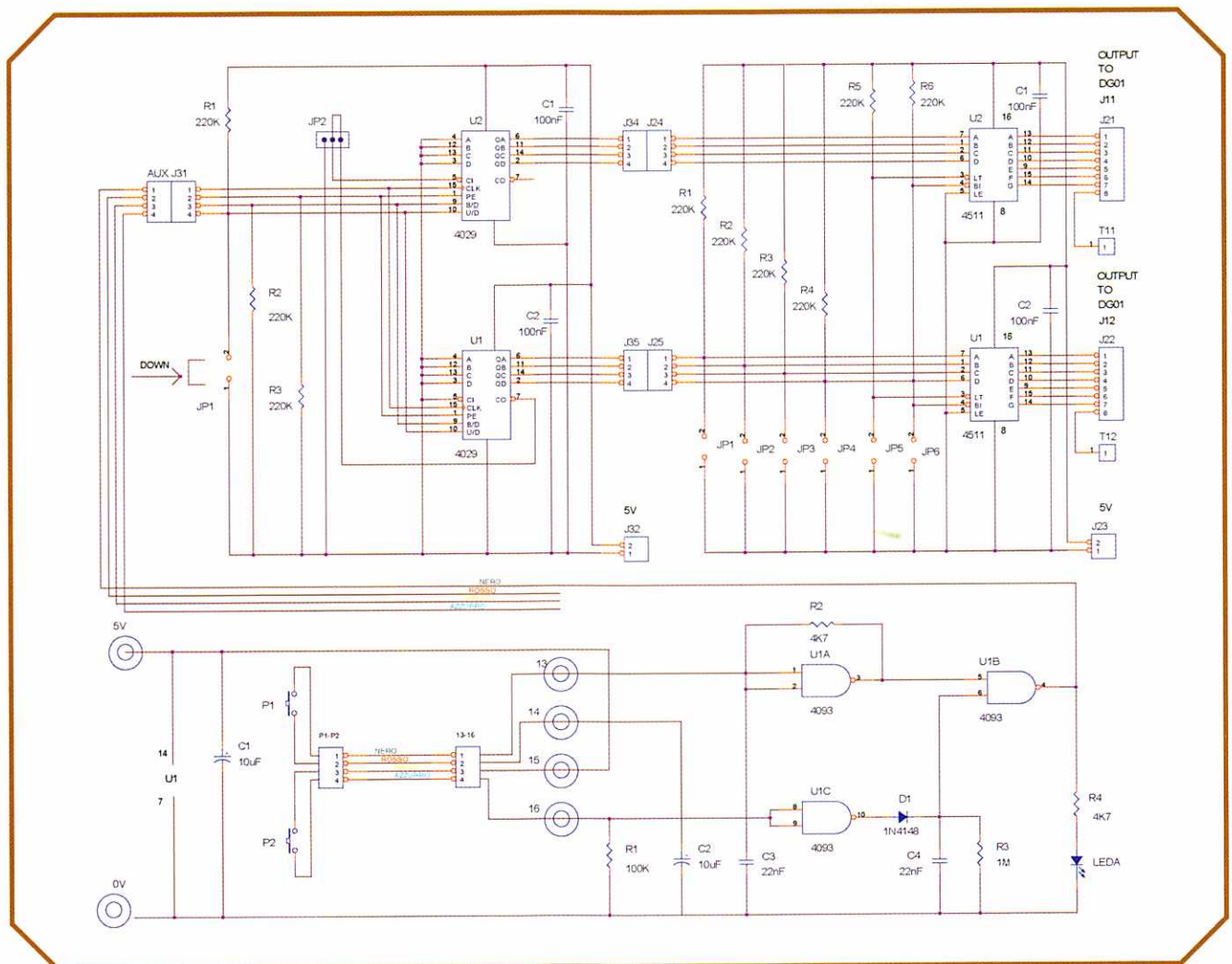
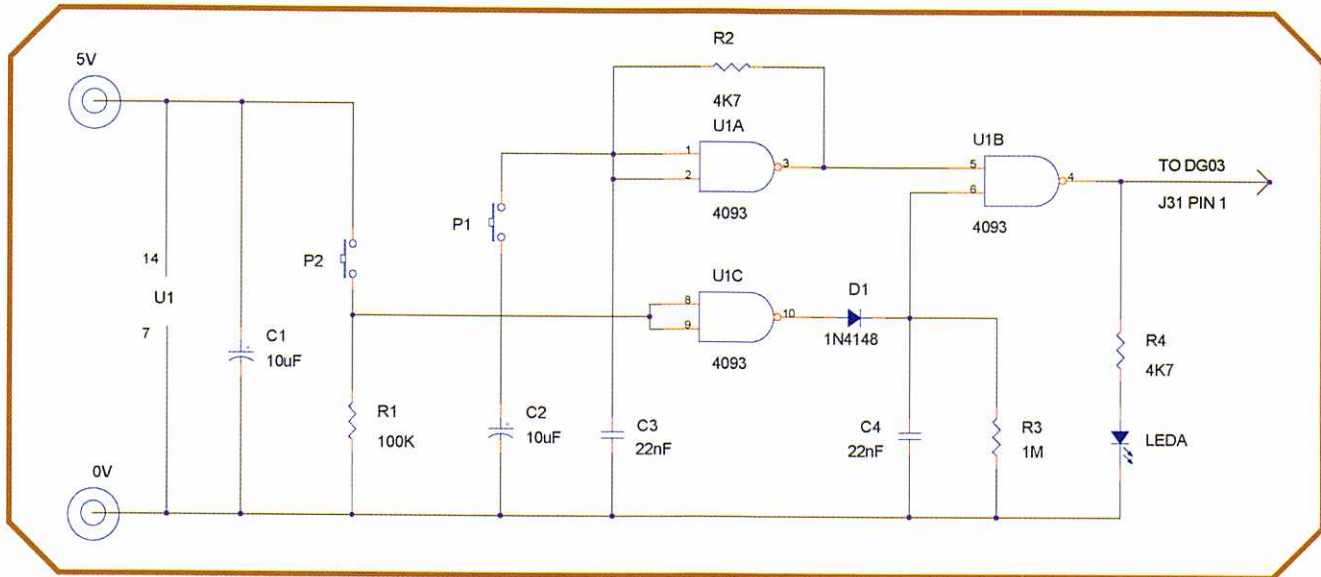
Generatore di numeri casuali

Questo circuito si utilizza per ottenere un numero casuale compreso fra 00 e 99. Il numero si legge quando si preme il pulsante, in questo caso P2. Il pulsante P1 si utilizza per verificare che sia possibile generare tutti i numeri e che nessuno venga eliminato.

Il problema

Lo schema è molto grande, dato che sono rappresentate la scheda dei contatori DG03 e quella dei driver DG02, ma il circuito che bisogna aggiungere risulta essere piuttosto semplice.

La porta U1A del 4093 si utilizza per ottenere un oscillatore astabile, la cui frequenza di oscillazione deve essere sufficientemente alta per impedire all'occhio di recepire le informazioni sullo stato del conteggio del contatore, questa frequenza dipende dal valore della resistenza R2 e dalla capacità del condensatore C3.

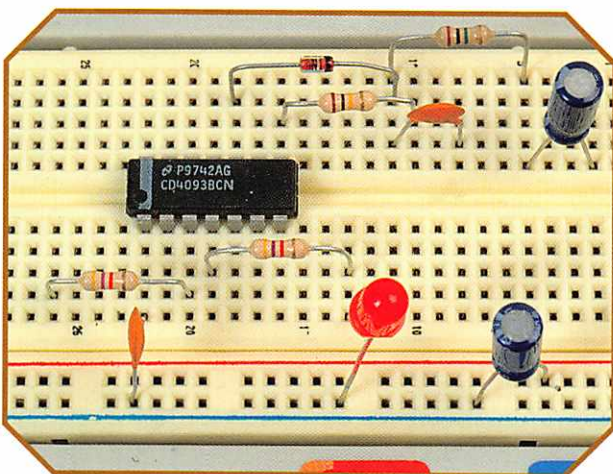
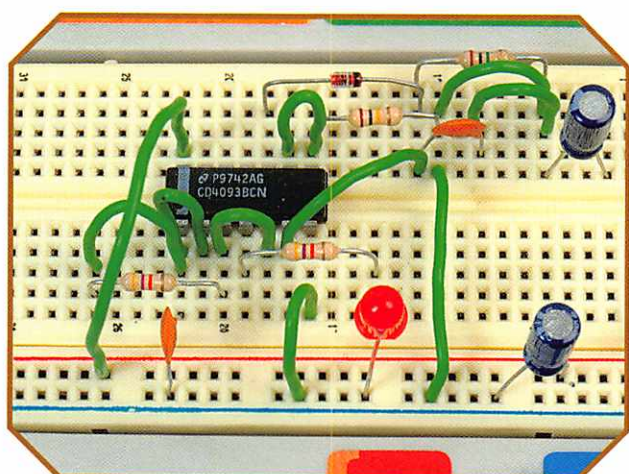
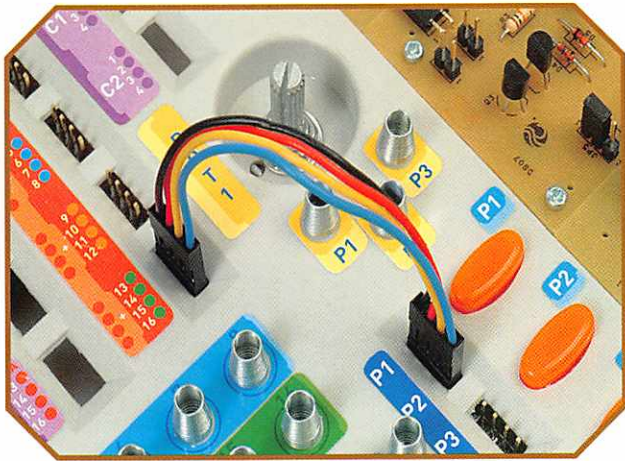
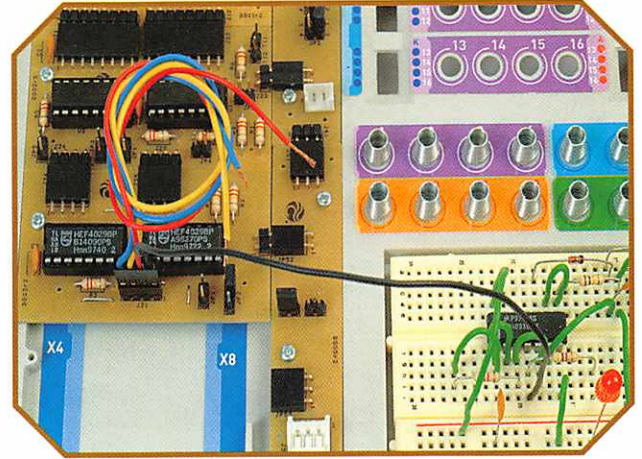
La porta U1B si utilizza per applicare o meno il segnale del clock dell'astabile all'ingres-

Schema elettrico del generatore di numeri casuali.

Schema del circuito di controllo.

so del contatore, che corrisponde al terminale 1 del connettore J31 della scheda DG03.

La porta U1C si utilizza per controllare la porta U1B e il suo ingresso in stato di riposo è a livello basso, mantenuto basso per la resistenza R1. Quando l'uscita della porta U1C è a livello alto, la porta U1B lascia passare il segnale del clock verso l'ingresso del contatore; quando questa è a livello basso il condensatore C4 si scarica tramite la resistenza R3 e quando arriva a 0, la porta U1B impedisce che il segnale di clock arrivi all'ingresso del contatore.

Se si preme P2 l'ingresso della porta U1C passa a livello alto e la sua uscita a livello basso, il conteggio del contatore si ferma e sarà possibile leggere un numero sul display.

Il pulsante P1 collega un condensatore C2 da 10 µF, in parallelo con C3 da 22 nF, quindi la frequenza dell'oscillatore diventa così bassa da permettere di osservare la frequenza di conteggio del contatore sul display.

Il diodo D1 e il condensatore C4 generano un certo ritardo del segnale, che rende ancor più difficile la possibile predizione del numero di uscita. La resistenza R3 si utilizza per scaricare il condensatore C4, dato che il consumo della porta è praticamente trascurabile e il condensatore non si scaricherebbe tramite essa.

Componenti sulla scheda Bread Board.

Cablaggio interno della scheda.

Collegamento dei pulsanti.

Collegamenti agli ingressi del clock del contatore.

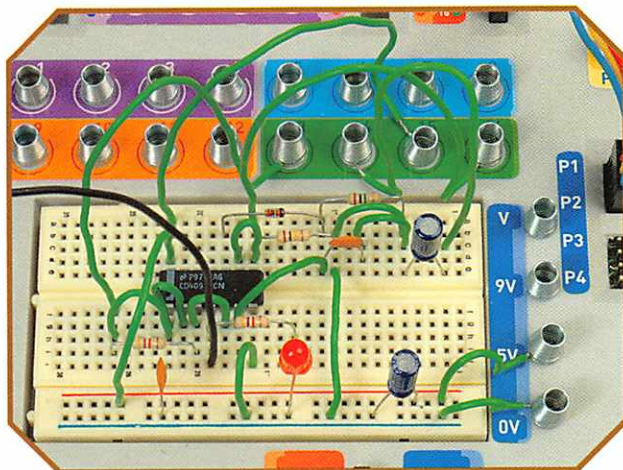
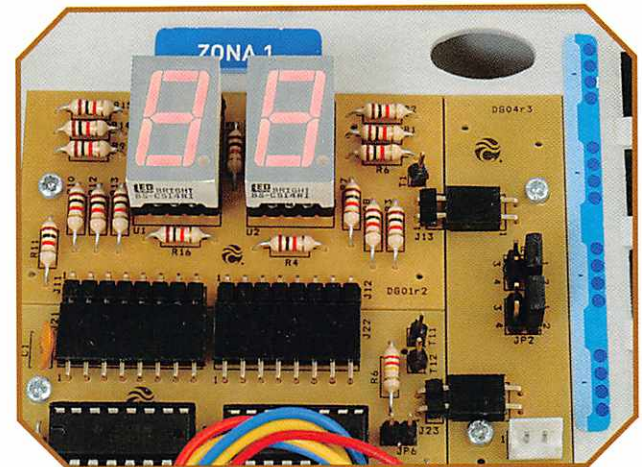
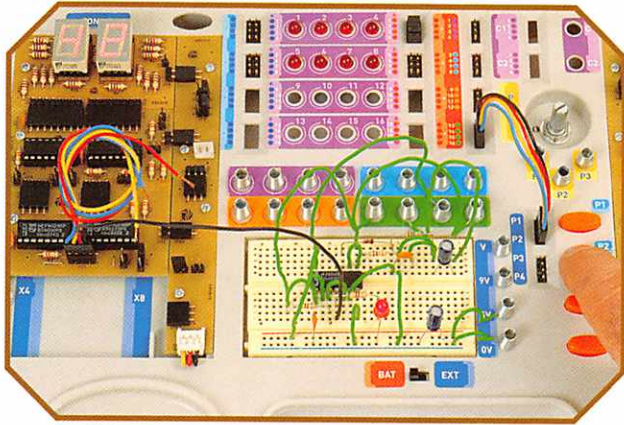
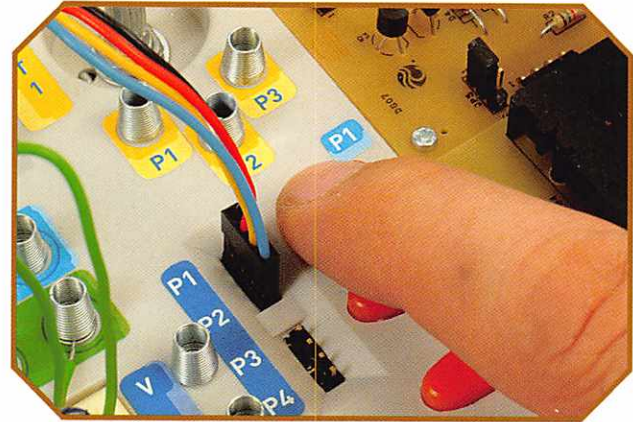
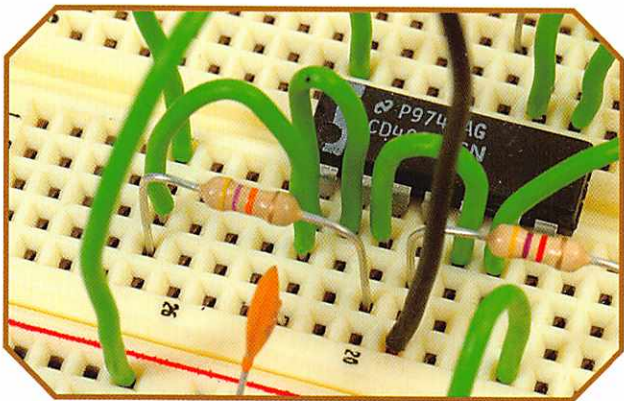
Montaggio

Il montaggio inizia dal posizionamento del circuito integrato 4093 e degli altri componenti sulla scheda Bread Board, tenendo presente l'orientamento del circuito integrato e la polarità dei diodi, sia del diodo di segnale D1 che del LED.

Il cablaggio ai pulsanti si esegue con un cavetto terminato su due connettori, che verranno utilizzati nella zona siglata come P1 P2 posizionata vicino ai pulsanti, e sul connettore corrispondente alle molle 13-16; quindi i collegamenti dei pulsanti P1 e P2 saranno disponibili sulle molle dalla 13 alla 16.

I collegamenti si eseguono con del filo, e deve essere lasciato per ultimo il collegamento al positivo dell'alimentazione, che in questo caso può essere da 5 o 9 V, tenendo però presente che sia la scheda del contatore sia quella della parte del circuito montata sulla scheda Bread Board, dovranno utilizzare la stessa tensione di alimentazione.

Funzionamento

Dopo aver montato e verificato tutto il lavoro svolto si potrà collegare l'alimentazione. Eseguendo questo collegamento, i sette segmenti del display doppio del contatore e il LED A si illumineranno. In realtà il contatore starà contando da 00 a 99, ma in modo così veloce che l'occhio umano non può percepire quale numero sta passando. Premendo P1 il contatore

Collegamenti alle molle e all'alimentazione.

Circuito in funzione.

Premendo P2 si ferma il contatore.

P1 si utilizza per verificare che il conteggio passi per tutti i numeri.

Dettaglio della resistenza R2, sostituita con una da 47 K.

conta molto più lentamente, in modo che sia possibile leggere il display e verificare che il contatore passi per tutti i numeri e li presenti sul display. Se riteniamo che il conteggio sia troppo lento, possiamo sostituire la resistenza R2 con una da 47 K. Nel normale funzionamento P1 non deve essere premuto.

Quando si preme P2 e per tutto il tempo che si mantiene premuto, il contatore si ferma e si potrà leggere il display, la casualità si ottiene, perché è impossibile con la semplice osservazione determinare in quale posizione si trovi il contatore nel momento in cui viene premuto P2.

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
D1	Diodo 1N4148
R1	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R2,R4	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R3	Resistenza 1M (marrone, nero, verde)
C1,C2	Condensatore 22 nF
C3,C4	Condensatore 10 µF elettrolitico
LEDA	Diodo rosso 5 mm

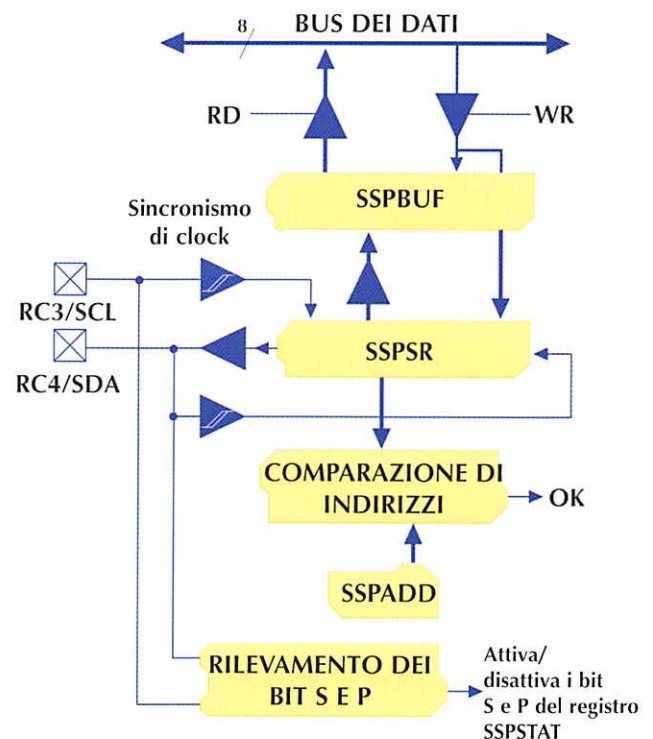
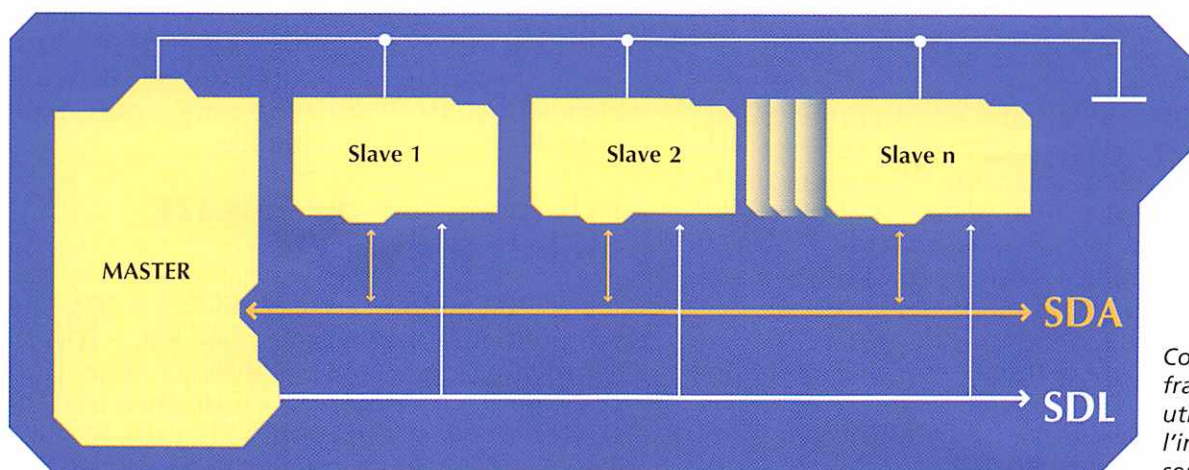
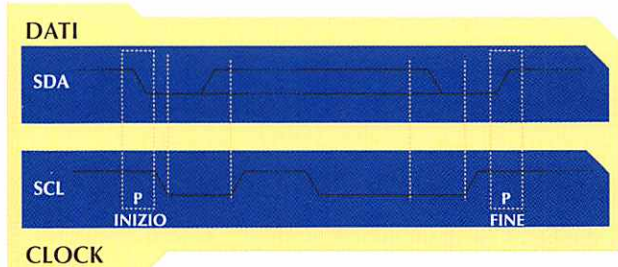
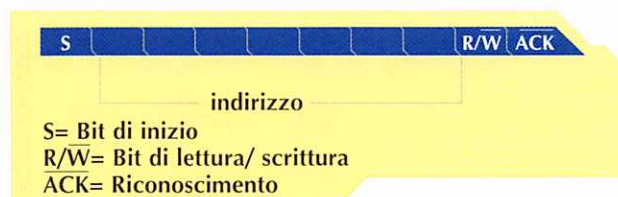
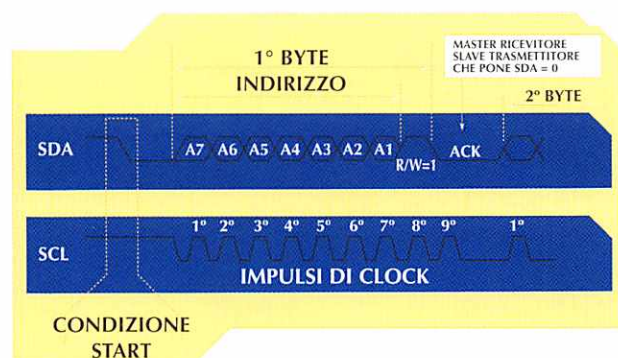
Vista del laboratorio con l'esperimento completato.

Il bus I2C

Dato che il protocollo di comunicazione I2C è molto diffuso nel mondo dell'elettronica lo analizzeremo nel dettaglio.
Ricordiamo quanto visto nel fascicolo precedente riguardo al modo lavoro del SSP, cioè due sole linee di trasmissione (SDA: trasferimento e SCL: clock), modo lavoro master-slave in cui il master determina le caratteristiche della comunicazione, velocità massima 400 Kbps, ecc.

Funzionamento del bus I²C

Nel protocollo I2C ogni dispositivo ha assegnato un indirizzo da 7 oppure 10 bit, che viene inviato dal master quando inizia il trasferimento con uno di essi. Dopo l'indirizzo si aggiunge il bit di ricezione/trasmissione o lettura/scrittura (R/W#). Inoltre con alcuni dispositivi I2C è necessario aggiungere anche una serie di comandi per specificare le condizioni di funzionamento degli stessi. Ad esempio ci sono memorie di tipo I2C per le quali dobbiamo indicare gli indirizzi a cui vogliamo accedere, altri dispositivi quali controller di display a cui dobbiamo inviare comandi che determinano su quale display dovrà essere visualizzata l'informazione, ecc.

Sia i dati che i comandi si trasmettono sotto forma di byte e al termine del trasferimento di ogni byte si genera un bit speciale di trasferimento (ACK#) da parte del ricevitore, che permette il riallacciamento della comunicazione. In mancanza del bit di riconoscimento si termina la procedura di trasferimento. È necessaria la presenza di un modulo di arbitrag-

Schema interno del funzionamento dell'interfaccia I2C.

Collegamento fra dispositivi utilizzando l'interfaccia seriale I2C.

L'inizio della trasmissione è segnalato con un bit di inizio (S) e la fine con il bit di stop (P).

Formato per indicare un indirizzo da 7 bit.

Esempio di trasmissione di indirizzo di formato a 7 bit.

gio che si incarichi di gestire l'esistenza di un unico master nell'istante sul bus condiviso.

Trasferimento di dati nel modo I2C

Il master inizia e termina il trasferimento. Inizia con la condizione START, che consiste nella generazione di un fronte di discesa sulla linea SDA, mentre sulla linea SCL si mantiene un livello alto. Per terminare la trasmissione il master genererà il segnale di STOP, il quale consiste in un fronte di salita su SDA con il livello alto su SCL.

Nel primo byte di trasferimento il master invia il primo indirizzo dello slave con cui vuole comunicare. L'indirizzo è fornito con i primi sette bit, in quanto l'ottavo è quello di lettura/scrittura (R/W#). Dopo il segnale di START gli slave lasciano in alta impedenza la linea SDA e attendono l'indirizzo inviato dal master. Sul nono impulso generato da quest'ultimo, si attende che lo slave scelto imposti a livello basso la linea SDA come segno di riconoscimento (ACK#), in modo da poter riannodare il trasferimento. Se si utilizza il formato da 10 bit per indirizzare gli slave, potremo collegare più di 128 dispositivi sulla rete, (limite esistente quando l'indirizzamento è da 7 bit). In questo caso il master utilizza i due byte iniziali per inviare l'indirizzo, come si può vedere nelle immagini delle figure.

SMP: Bit di presentazione dei dati
In modo Master:
1 = I dati si campionano alla fine del periodo di clock
0 = I dati si campionano alla metà del periodo di clock
SCE: Bit di selezione dei livelli sulle linee SDA e SCL
1 = Livello alto
0 = Livello basso
D/A#: Bit dei dati/indirizzi
1 = L'ultimo byte ricevuto è un dato
0 = L'ultimo byte ricevuto è un indirizzo
P: Bit di stop (Si cancella scollegando il modulo SSP)
1 = È stato rilevato il bit di stop P
0 = Non è stato rilevato il bit di stop
S: Bit di inizio (Si cancella scollegando il modulo SSP)
1 = È stato rilevato il bit di inizio S
0 = Non è stato rilevato il bit di inizio
R/W#: Bit di lettura/scrittura
1 = Lettura
0 = Scrittura
UA: Aggiorna indirizzo (Modo Slave da 10 bit)
1 = Indica che l'utente deve aggiornare l'indirizzo su SSPADD
0 = Non è necessario aggiornare l'indirizzo
BF: Buffer pieno
Ricezione
1 = Ricezione completa, SSPBUF pieno
0 = Ricezione incompleta, SSPBUF vuoto
Trasmissione
1 = Trasmissione in corso
0 = Trasmissione completa

Registro SSPSTAT.

Integrazione del bus I2C all'interno del PIC

Il bus I2C è supportato dai pin RC3 e RC4, che svolgono le funzioni delle linee SCL e SDA rispettivamente, se in precedenza sono stati configurati come ingressi. I dispositivi fisici interni del PIC si riducono ai registri SSPBUF, SSPSR e SSPADD, a quelli di configurazione

SSPSTAT, SSPCON e SSPCON2 oltre a una circuiteria complementare che possiamo osservare nella figura della pagina precedente.

Il registro SSPBUF è il registro che contiene il byte da trasmettere o quello che si riceve. SSPSR è un registro di spostamento serie/parallelo che ha il compito di convertire i dati che sono caricati in modo seriale in parallelo, e viceversa. SSPADD è il registro degli indirizzi che identifica il dispositivo (modo slave) o che lo direziona (modo master).

SSPSTAT è il registro di stato che come SSPCON, si utilizza nel modo SPI. In ultimo per lavorare con il bus I2C, esiste un registro ausiliario di controllo chiamato SSPCON2.

SSPSTAT

SMP	CKE	D/A#	P	S	R/W#	UA	BF
bit7							bit0

SSPCON

WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0
bit7							bit0

SSPCON2

GCEN	ACKSTAT	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN
bit7							bit0

Configurazione interna dei registri di stato e controllo.

SSPM3:0	Funzione
1000	Modo master I2C con clock (Fosc/4)x(SSPAD+1)
1011	Modo master I2C controllato da firmware
1110	Modo master I2C controllato da firmware con indirizzo da 7 bit e interrupt attivato
1111	Modo master I2C controllato da firmware con indirizzo da 10 bit e interrupt attivato

Bit SSPM3:0 del registro SSPCON.

Come funziona l'hardware

Quando si vuole trasferire un byte lo si scrive sul buffer o registro SSPBUF, nel caso di ricevimento di un byte da parte del bus I2C, quest'ultimo è caricato ugualmente su SSPBUF. Dopodiché il registro convertitore SSPSR esegue la trasformazione dell'informazione dal modo parallelo a quello seriale, in caso della trasmissione, oppure trasforma l'informazione dal modo seriale in cui è stata ricevuta tramite SDA, in modo parallelo.

Quando SSPSR è stato riempito con gli otto bit ricevuti tramite SDA, questi ultimi vengono spostati sul buffer SSPBUF, che li mette a disposizione della CPU in formato parallelo.

Se si riceve un altro byte su SSPRS prima che la CPU abbia letto quello precedente, si attiva il flag SSPOV di "overflow" o superamento del flusso dei dati, sesto bit di SSPCON. Sul registro SSPADD si scrive l'indirizzo dello slave con cui vogliamo stabilire la comunicazione.

I registri SSPSTAT, SSPCON e SSPCON2

Il primo registro di cui parleremo, fra quelli che hanno il compito di programmare in modo lavoro nel bus I2C, è il registro di stato SSPSTAT. Questo registro si utilizza anche per la trasmissione SPI, però adesso presenteremo le funzioni di ogni bit nel modo di trasmissione che ci interessa. Nella tabella della figura possiamo studiare il funzionamento del registro. Quando abbiamo studiato il modo SPI abbiamo analizzato le possibili combinazioni dei bit SSPM3:0. Quattro di questi appartengono al modo lavoro I2C. Nella tabella della pagina precedente, sono raccolte queste com-

S	1	1	1	1	0	A9	A8	R/W	ACK	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	ACK
	Primo Byte									Secondo Byte								

Formato della trama per indicare un indirizzo da 10 bit.

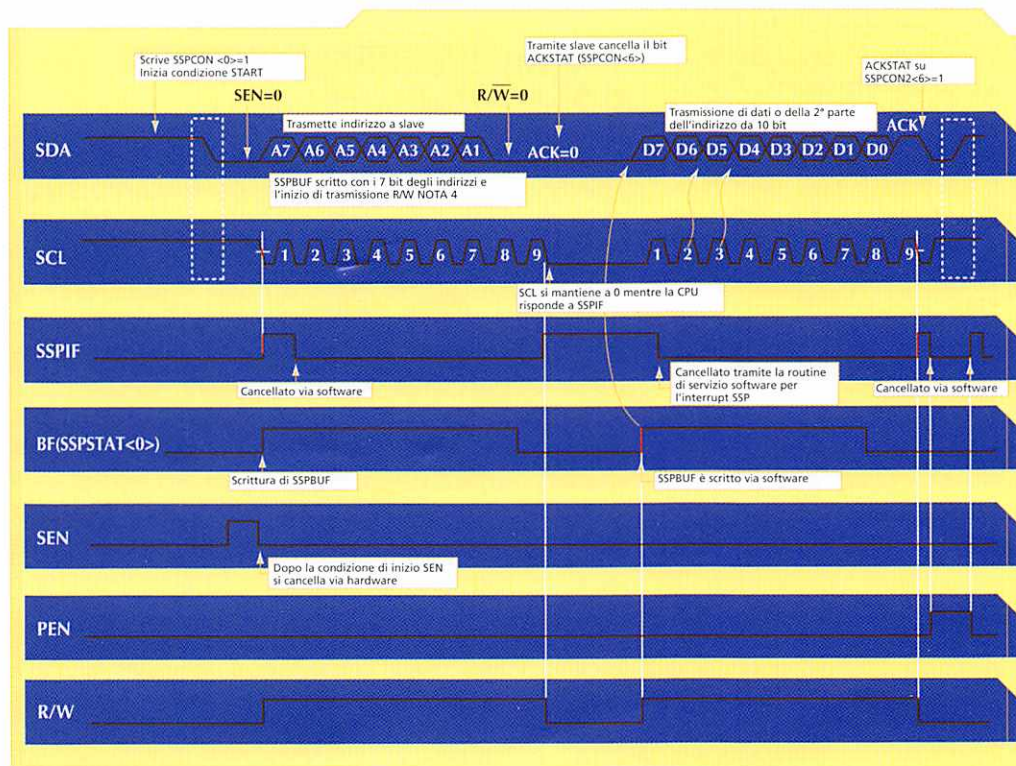
Fase	Processo
1	Si genera la condizione di START impostando il bit SEN=1
2	Il bit flag SSPIF=1 quando termina la condizione di START
3	Si carica sul registro SSPBUF l'indirizzo dello slave e R/W#
4	Si manda in modo seriale su SDA il contenuto di SSPBUF
5	Lo slave indirizzato genera la condizione di riconoscimento sul nono impulso di clock e si rileva sul registro SSPCON2
6	Si genera un interrupt al termine del nono impulso di clock e SSPIF=1
7	Si carica un dato su SSPBUF
8	Quando lo slave ha ricevuto il dato il master riceve il suo riconoscimento
9	Si genera un interrupt sul nono bit e SSPIF=1
10	Con PEN=1 si genera la condizione di STOP per terminare il trasferimento
11	Completata la condizione di STOP si genera un interrupt

Fasi della trasmissione (master).

binazioni. Dei rimanenti bit che formano il registro SSPCON dobbiamo sapere che per fare in modo che il modulo MSSP funzioni è necessario impostare il bit SSPEN=1, perché altrimenti le linee RC3 e RC4 si comporteranno come linee convenzionali di I/O digitali. Se CKP=0 i livelli di questi pin si configurano secondo le specifiche del bus I2C e si mette in marcia il clock. Quando SSPOV=1 significa che si è verificato un overflow, cioè è stato riempito SSPSR senza aver letto il contenuto precedente di SSPBUF. In ultimo, il bit WCOL indica se si è verificata una collisione nel tentativo di utilizzare SSPBUF senza aver utilizzato il valore precedente.

Per quanto riguarda SSPCON2, il bit GCEN funziona solamente in modo slave. Quando si riceve il bit di riconoscimento ACK# dello slave, si imposta a 1 il bit ACKSTAT. Per iniziare la sequenza di generazione della condizione di riconoscimento, si imposta a 1 il bit ACKEN. Si pone RCEN=1 se vogliamo che il master funzioni come ricevitore e PEN=1 per generare la condizione di STOP. La ripetizione della condizione di START si ottiene con RSEN=1 e con SEN=1 si inizia una normale condizione di START.

Sequenza di lavoro in modo master

Nella figura a lato, possiamo vedere un cronogramma di una tipica trasmissione tramite il bus I2C di un PIC 16F87X che funziona come master. Nella tabella sono riportate le fasi di una operazione di trasmissione da parte del master.

Cronogramma del PIC che funziona come master.